

Ф. Е. Тарасов, С. А. Бычков, В. Э. Фризен, Е. И. Шмаков

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

f.e.tarasov@urfu.ru

РАЗРАБОТКА ИНДУКЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПОДОГРЕВА ШТАМПОВОЙ ОСНАСТКИ К ВЕРТИКАЛЬНОМУ ГИДРАВЛИЧЕСКОМУ ПРЕССУ УСИЛИЕМ 300 МН

В статье приведены технические решения при модернизации штампового производства крупных алюминиевых деталей, а также результаты компьютерного моделирования электромагнитных и тепловых процессов в проектируемой системе.

Ключевые слова: энергоэффективность; энергопотребление; изотермическая штамповка, индукционный нагрев.

F. E. Tarasov, S. A. Bychkov, V. E. Frizen, E. I. Shmakov

Ural Federal University, Ekaterinburg

DEVELOPMENT OF INDUCTION EQUIPMENT FOR HEATING STAMP EQUIPMENT FOR VERTICAL HYDRAULIC PRESS WITH FORCE 300 MN

The paper presents technical solutions in modernization of large aluminum parts production and results of electromagnetic and heating process computer simulation in the system designed are described in the article.

Keywords: energy efficiency; power usage; isothermal molding, induction heating.

При производстве крупных штампованных деталей из алюминиевых сплавов актуальной является проблема поддержания температурного режима при штамповке. Одним из решений этой проблемы может быть предварительный разогрев штампового инструмента и оснастки непосредственно перед штамповкой. Штамповый инструмент представляет собой массивное стальное

изделие, аккумулирующее большое количество тепла, что может способствовать стабилизации температуры штампа в течение некоторого времени. Однако, если не предпринимать каких-либо дополнительных мер, аккумулированное штампом тепло достаточно быстро рассеивается за счет передачи тепла через непосредственный контакт к подвижной и неподвижной плитам пресса, а также от стенок в окружающую среду, что приводит к существенному снижению производительности пресса за счет необходимости частой замены штампов по мере их остывания.

Для получения штампованных изделий типа «барабан колеса» с однородной волокнистой структурой температура штампового инструмента должна лежать в диапазоне 450...380 °С. Средняя продолжительность работ на штамповом инструменте вертикального гидравлического пресса усилием 300 МН для изготовления штамповок типа «барабан колеса», по данным промышленного предприятия составляет 1 час 20 минут. Для обеспечения заданной температуры при штамповке в течение более длительного времени штамповый инструмент должен подогреваться.

Распространенным решением проблемы подогрева штамповой оснастки при изотермической штамповке является подогрев инструмента либо за счет внешнего обогрева [1], либо за счет внутренних источников тепла [2]. При производстве крупных штампованных деталей соотношение площади поверхности подогрева к массе деталей штампа невелико, поэтому использование внешнего обогрева штампа представляется нецелесообразным. Лучшим решением в этом случае является использование индукционного нагрева деталей штампа.

Штамповая оснастка для детали типа «барабан колеса» представляет собой матрицу и пуансон в виде прямоугольных параллелепипедов с одинаковой площадью основания, крепящихся через плоские траверсы к столу и верхней плите пресса. Начальному нагреву до процесса штамповки подвергаются только сами детали штампа. Траверсы в печи ввиду значительных габаритов не

помещаются. На рисунке приведена фотография штамповой оснастки до модернизации и внедрения системы индукционного подогрева.

Индуктор системы подогрева наиболее рационально было расположить вокруг матрицы и пуансона соответственно и закрепить их на траверсах. Между водоохлаждаемым индуктором и штампом располагается слой теплоизоляции. При модернизации установки и внедрении системы индукционного подогрева было предложено изменить форму основания штампа с прямоугольной на



восьмиугольную, с целью выравнивания температуры штампа по объему.

Конструкция штамповой оснастки

Для поддержания температуры штампового инструмента необходимо скомпенсировать тепловые потери через боковые стенки штампа. Анализ структуры потерь показал, что установка теплоизоляционного экрана сама по себе не обеспечит поддержку необходимой температуры штампового инструмента на протяжении 8 часов, поскольку большая часть тепла уходит через поверхность, на которую невозможно наложить теплоизоляцию. Для решения этой задачи предлагается установить индуктор, намотанный вокруг штампа с полезной мощностью 130 кВт. Для теплоизоляционного экрана был выбран теплоизоляционный материал с коэффициентом теплопроводности не больше $\lambda = 0,13 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ [3], необходимая толщина слоя теплоизоляции составила 20 мм.

Применение водяного охлаждения в индукторе позволит повысить частоту питающего напряжения и плотность тока в индукторе. Как показали расчеты для данной системы, частота источника 500 Гц наиболее рациональна по минимуму потерь активной мощности (сравнивались частоты 50, 500, 1000 и 2400 Гц).

Индукторы для верхней и нижней частей штампа соединяются последовательно. Результаты расчета приведены в таблице.

В результате проведенных расчетов получены поля распределения температур в штамповом инструменте, а на их основе – кривые изменения температур поверхности штампа для подобранных режимов работы индуктора с учетом использования теплоизоляции.

Теплофизические параметры в теплотехнологии горячей штамповки

Параметр	Единица измерения	Значение параметра
Частота	Гц	500
Требуемая мощность тепловыделения	кВт	130
Выбранное число витков	шт.	4
Ток индуктора	А	3652
Активная мощность индуктора	кВт	160,1
Реактивная мощность индуктора	кВАр	1415
Потери мощности в индукторе	кВт	35,32
КПД электрический	ед.	0,779
Мощность тепловыделения в штампе,	кВт	124,7
Коэффициент мощности	ед.	0,112

Применение индукционного подогрева штампового инструмента приведет к повышению производительности выпускаемой продукции за счет увеличения времени работы прессового оборудования с 1,5 до 6 часов за смену, а также к снижению на 6,5 % энергозатрат, связанных с нагревом штампового инструмента и, как следствие, к снижению нагрузки на электрические печи сопротивления, применяемые в настоящий момент для нагрева инструмента

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, проект № 075-11-2019-028.

Список использованных источников

1. Изотермическое деформирование металлов / С. З. Фиглин, В. В. Бойцов, Ю. Г. Калпин. М. : Машиностроение, 1978. 225 с.
2. Индукторы для индукционного нагрева / А. Е. Слухоцкий. Л. : Энергия, 1974. 264 с.
3. Методы конечных элементов и конечных разностей в электромеханике и электротехнологии / О. Ю. Сидоров, Ф. Н. Сарапулов, С. Ф. Сарапулов. М. : Энергоатомиздат, 2010. 331 с.